

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Freien  
Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim

Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. W i t t

---

Nachuntersuchungen bei Knochenspanentnahmen  
aus der menschlichen Tibia

Inaugural-Dissertation  
zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde  
an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1967

vorgelegt  
von

Albrecht Scharkowski  
aus Berlin



Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Freien  
Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim

Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. W i t t

---

Nachuntersuchungen bei Knochenspanentnahmen  
aus der menschlichen Tibia

Inaugural-Dissertation  
zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde  
an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt  
von

Albrecht Scharkowski  
aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Alfred N. W i t t

Referent: Priv. Doz. Dr. med. Dietrich T ö n n i s

Korreferent: Professor Dr. med. Alfred N. W i t t



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 28. August 1967

# I n h a l t s v e r z e i c h n i s

|                                                                                                                | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A. <u>Einleitung</u> .....                                                                                     | 1     |
| 1. Problemstellung und Literaturübersicht .                                                                    | 1     |
| 2. Art der Operationsverfahren .....                                                                           | 2     |
| B. <u>Untersuchungsgut</u> .....                                                                               | 3     |
| C. <u>Untersuchungsmethoden</u> .....                                                                          | 5     |
| D. <u>Untersuchungsergebnisse</u> .....                                                                        | 5     |
| I. <u>Befunde nach Corticalisspanentnahme an einer nicht vorgeschädigten Extremität</u>                        | 5     |
| a) Subjektive Angaben .....                                                                                    | 5     |
| b) Klinische Befunde .....                                                                                     | 6     |
| c) Röntgenbefunde .....                                                                                        | 6     |
| II. <u>Befunde nach Corticalisspanentnahme an einer vorgeschädigten Extremität (Tibiapseudarthrosen)</u> ..... | 16    |
| III. <u>Befunde nach Entnahme von flexiblen Spänen (Hobelspäne)</u> .....                                      | 16    |
| IV. <u>Beobachtungen über Auswirkungen abweichender operativer Maßnahmen</u> .....                             | 17    |
| V. <u>Frakturen an der Spanentnahmestelle</u> ....                                                             | 18    |
| E. <u>Diskussion</u> .....                                                                                     | 23    |
| a) Häufigkeit und Ursache von Frakturen nach Spanentnahme .....                                                | 23    |
| b) Richtlinien für die Entnahme von Knochenspänen .....                                                        | 25    |
| c) Wertung der autoplastischen Knochen-spanverpflanzung im Hinblick auf ihre Folgen .....                      | 27    |
| F. <u>Zusammenfassung</u> .....                                                                                | 28    |
| Literaturverzeichnis .....                                                                                     | 29    |



## A. Einleitung

### 1. Problemstellung und Literaturübersicht

Die Verwendung körpereigener Knochenspäne, meist dem Schienbein entnommen, ist bei bestimmten orthopädisch-chirurgischen Operationen angezeigt. A. N. WITT und M. JÄGER haben auf günstige Erfahrungen hingewiesen, die sie mit der autoplastischen Spanverpflanzung gemacht haben. Demgegenüber lehnen Anhänger der homo- und heteroplastischen Spanverpflanzung die autoplastische Knochenspanverpflanzung häufig ab, weil sie für den Patienten eine zusätzliche Belastung bedeute und unnötige Gefahren in sich berge. In diesem Zusammenhang interessiert die Frage, wie hoch die Komplikationsrate der Tibiaspanentnahmen überhaupt ist. Da außer Frakturen in der Literatur nur wenig über Störungen, die auf die Spanentnahme zu beziehen sind, mitgeteilt worden ist, soll im folgenden untersucht werden, ob sich klinisch und röntgenologisch faßbare Schäden nach Spanentnahme im Krankengut der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim finden. Insbesondere soll geprüft werden, wieweit die entstandenen Knochendefekte später wieder durchbaut werden und ob funktionelle Einbußen der operierten Extremität auftreten.

Daß bei mangelnder Sorgfalt Frakturen bei der Spanentnahme auftreten können, hatte schon LEXER berichtet. Auch DECKNER, MAFFEY, HAGEN, VOGLEY, AXHAUSEN und STUCKE haben auf Frakturen nach Spanentnahme aufmerksam gemacht. Der Zeitraum zwischen Entnahme und Fraktur war recht unterschiedlich. Meist handelte es sich um sogenannte "Ermüdungsbrüche". BÖHLER führte aus, daß trotz Ruhigstellung der Spanentnahmestelle Frakturen auftreten würden und daß die Entnahmestelle ungefähr ein Jahr lang empfindlich bleibe. VOGLEY und STUCKE gaben Hinweise auf die günstigste Form der Spanentnahme.

## 2. Art der Operationsverfahren

Die autoplastische Knochentransplantation wird im wesentlichen mit zwei verschiedenen Spanarten ausgeführt. Am häufigsten wird der kompakte Knochenspan, der die Corticalis in ihrer vollen Dicke und etwas Spongiosa enthält, verwendet. Demgegenüber besteht der sogenannte Hobelspan, auch Ertl-Span genannt, nur aus Periost und einer dünnen Knochenlamelle. Die Knochenspäne werden aus praktischen Gründen vorwiegend dem Schienbein entnommen. Der Knochen ist hier schnell freizulegen, da er unmittelbar unter der Haut liegt. Außerdem können aus der Tibia recht große Späne herausgearbeitet werden.

Für etwaige spätere Komplikationen der Spanentnahme ist die Entnahmetechnik der Spanarten von großer Bedeutung. Zur Freilegung des Tibiaknochens wird in der Orthopädischen Universitätsklinik der Freien Universität ein leicht bogenförmiger Hautschnitt angewendet. Je nach der gewünschten Größe des Transplantates wird dann das Periost der medialen vorderen Seite der Tibia bis auf den Knochen türflügelartig durchschnitten und schonend zurückgeschoben. Jetzt wird der kompakte Span mit Hilfe von Meißel und oszillierender Säge rechteckig aus dem Spanbett gelöst. Die Späne werden möglichst dem proximalen Tibiadrittel entnommen, da die Regeneration im Bereich des spongiösen Knochenanteils besser ist. Aus statischen Gründen bleibt die vordere Tibiakante bei der Spanentnahme stehen, damit die günstige Dreiecksform erhalten bleibt (VOGELEY). Die Benutzung der oszillierenden Säge erspart viel Zeit bei der Spanentnahme; doch hatte LEXER seinerzeit die Verwendung der Säge strikt abgelehnt, weil sie zu Zerreißen von Periost und Weichteilen führen würde und damit die Knochenregeneration gefährdet würde. Die durch die Säge entstehende Hitze kann zu Nekrosen führen. Zweckmäßigerweise wird daher mit physiologischer Kochsalzlösung gekühlt. THOMSEN hat Sägen, die runde Ecken haben, entwickelt. In diesen Zähnen kann sich das Knochenmehl nicht

so schnell festsetzen und eine übermäßige Hitzeentwicklung wird vermieden. Neben der Hitzeentwicklung besteht bei Anwendung der oszillierenden Säge die Gefahr, daß sie über die gewünschte Spangröße hinaus in den Knochen eindringt. Aber auch durch Meißelschläge können unerwünschte Fissuren gesetzt werden. Nach der Spanentnahme wird das Periost wieder über die Entnahmestelle gezogen und vernäht.

Der Ertl-Span wird nach Umschneidung des Periost's mit einem um  $45^{\circ}$  schräg zur Knochenoberfläche gestellten Meißel herausgearbeitet. Der so entstandene "Hobelspan" hat nur eine Dicke von 2-3 mm. Durch die Entnahme des "Hobelspanes" entsteht nur ein kleiner Knochendefekt. Die Markhöhle wird in der Regel nicht eröffnet. Es ist wohl kaum mit späteren Frakturen oder sonstigen Störungen zu rechnen. Diese Spanart wird jetzt immer häufiger bei Skoliosenoperationen benutzt. Der Ertl-Span ist anpassungsfähig, zeigt eine gute Revaskularisation und Knochenneubildungskraft.

#### B. Untersuchungsgut

Von 433 Patienten, bei denen im Zeitraum von 1955-1965 eine autoplastische Knochenspanverpflanzung aus der Tibia erfolgte, wurden 113 nachuntersucht. Es handelte sich um 63 Männer und 50 Frauen. In 75 Fällen wurden kompakte Späne transplantiert, davon entstammten 60 einer gesunden Tibia, 15 einer "vorgeschädigten". (Bei den "Vorgeschädigten" lagen Tibiapseudarthrosen vor, der Knochenspan wurde aus der gleichen Tibia entnommen.) Bei 38 Patienten wurden flexible, sogenannte Hobelspäne (Ertl-Späne) zur Versteifung einer Skoliose verpflanzt.

Die kompakten Späne wurden bei folgenden Operationen  
verwandt:

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Beseitigung von Pseudarthrosen<br>der Extremitätenknochen | 32 |
| Wirbelsäulenverspannungen                                 | 26 |
| extraarticuläre Versteifungen                             | 9  |
| Auffüllung von Knochenzysten                              | 6  |
| Clavicularpseudarthrosen                                  | 2  |

Das durchschnittliche Lebensalter betrug 30 Jahre.

### FALLZAHL

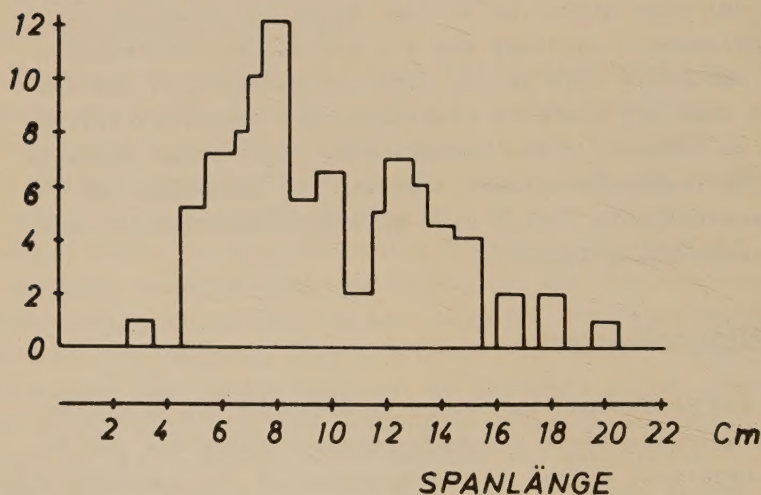


Abb. 1: Graphische Darstellung der Länge der  
entnommenen Tibiaspäne.

### C. Untersuchungsmethoden

Die Patienten wurden zuerst über subjektive Beschwerden befragt. Dann interessierte, ob noch Schmerzen an der Entnahmestelle bestehen und nach längeren Belastungen Ermüdungserscheinungen auftreten. Besonders wichtig erschien die Frage, ob in der Folgezeit Frakturen am Schienbein auftraten. Dann wurden Umfangsmessungen an Wade und Fessel vorgenommen und mit den entsprechenden Werten des nicht operierten Beines verglichen. Eine Sensibilitätsprüfung sowie Palpation des Knochendefekts und der Hautnarbe vervollständigte die klinische Untersuchung. Abschließend wurde die betreffende Extremität in zwei Ebenen geröntgt. Frühere postoperative Aufnahmen dienten ebenfalls zur Beurteilung der eingetretenen Knochenregeneration.

### D. Untersuchungsergebnisse

#### I. Befunde nach Corticalisspanentnahme an einer nicht vorgeschädigten Extremität

##### a) Subjektive Angaben

Über subjektive Beschwerden wurde nur in geringem Maße geklagt. Sie bestanden vorwiegend in den ersten Monaten nach der Spanverpflanzung. Von den 60 nachuntersuchten Patienten gaben 16 gelegentlich mäßige Schmerzen bei Wetterwechsel im operierten Unterschenkel an. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe betrug 37 Jahre. Belastungsschmerz an der Spanentnahmestelle verspürten beim Laufen 3, beim Treppensteigen 8 und bei hüpfenden Bewegungen 10 Patienten. Die entsprechenden Durchschnittsalter lagen bei 47, 43 und 42 Jahren. Meistens war die Abgrenzung gegenüber Durchblutungsstörungen aus anderer Ursache nicht möglich. Das trifft ebenso auf 9 weitere Patienten zu,

die über Ermüdungsschmerzen nach längeren Wegstrecken klagten. 26 Patienten gaben ein taubes Gefühl im Bereich der Hautnarbe und der Tibiavorderkante an. Eine gewisse Druckempfindlichkeit der Narbe bestand bei 19 Patienten.

#### b) Klinische Befunde

Gangbildänderungen infolge der Tibiaspanentnahme konnten nicht beobachtet werden. Sämtliche Gelenke der operierten Extremität waren frei beweglich. In 41 Fällen war noch ein Knochendefekt palpabel. Davon waren in 17 Fällen nur eine flache Rinne, in 20 Fällen grubige Unebenheiten und nur in 4 Fällen eine tiefe Rinne zu fühlen.

Bei den vergleichenden Umfangsmessungen beider Beine wurden folgende Differenzen für das operierte Bein ermittelt.

Die Umfänge des operierten Beines im Vergleich zur gesunden Gegenseite:

|                | <u>Umfang größer</u> |  | <u>Umfang kleiner</u> |  | <u>Umfang gleich</u> |
|----------------|----------------------|--|-----------------------|--|----------------------|
| <u>Wade:</u>   | in 8 Fällen 1 cm     |  | in 1 Fall 1 cm        |  |                      |
|                | in 3 Fällen 1,5 cm   |  | in 2 Fällen 2 cm      |  | in 44                |
|                | in 1 Fall 2 cm       |  | in 1 Fall 3 cm        |  | Fällen               |
| <u>Fessel:</u> | in 7 Fällen 1 cm     |  | in 5 Fällen 1 cm      |  | in 46                |
|                | in 1 Fall 2 cm       |  | in 1 Fall 1,5 cm      |  | Fällen               |

#### c) Röntgenbefunde

Bei der Auswertung der Röntgenbilder zeigte sich, daß sich der Knochen in unterschiedlicher Weise an die Belastung der Spanentnahme wieder anpaßte. In der Tiefe der Entnahmestelle baute sich vermehrt Spongiosa auf, in einigen Fällen kam es auch zu Septierungen der Markhöhle und unregelmäßigen Verdichtungen. An der Corticalis rundeten sich zuerst die Ecken des Spanbettes ab, so daß ein ovalärer Bezirk entstand. Teilweise engte sich diese

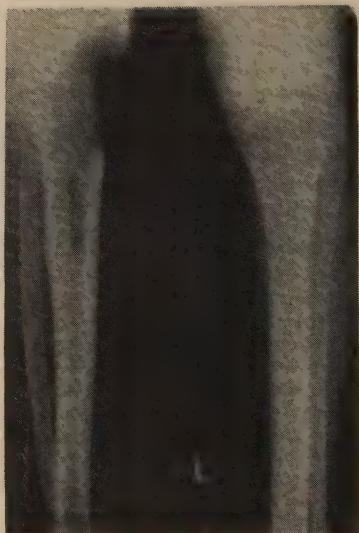
Öffnung der Kompakta immer stärker\*ein, in vielen Fällen blieb sie aber relativ weit offen, und es kam lediglich zu einer Verstärkung der Ränder, die wie Pfeiler wirkten, und einer Auffüllung der Grube durch spongiösen Knochen.

Die Beurteilung der Röntgenbilder nach dem Grade der Durchbauung erfolgte einmal nach dem optischen Eindruck, wobei Stadien von "Defekt nicht mehr sichtbar" (Abb. 5) bis "Defekt deutlich sichtbar" (Abb. 2) unterschieden wurden.

Als "schwach sichtbar" galt eine Entnahmestelle, bei der nur in der Mitte noch ein kleiner ovalärer, nicht durchbauter Bezirk bestand oder eine Spanentnahmestelle, die zwar in ihrer alten Länge noch erkennbar war, sich aber dicht mit Spongiosa durchbaut hatte und deshalb nur noch schwach sichtbar war. Wenn ein Defekt nur eine deutliche Abrundung der Ecken der Entnahmestelle und mittelgradige spongiöse Auffüllung zeigte, wurde er als "sichtbar" eingestuft. Als "deutlich sichtbar" wurde ein Defekt bezeichnet, der keine spongiöse Auffüllung und höchstens eine leichte Abrundung der Ecken der Spanentnahmestelle zeigte (Abb. 2).



(a)



(b)

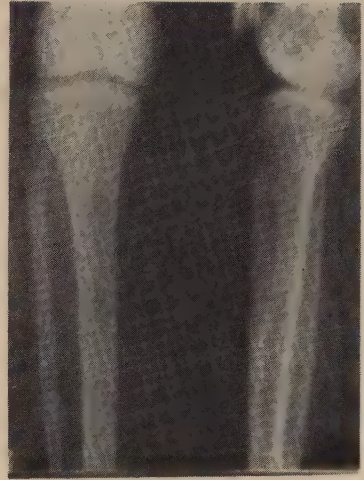
Abb. 2: Zustand kurz nach Spanentnahme (a) und bei Nachuntersuchung (b), 1 Jahr nach Operation.

Defekt noch "deutlich sichtbar", leichte Abrundung der Ecken der Spanentnahmestelle, aber keine spongiöse Durchbauung.

Alter des Patienten 60 Jahre.



(a)



(b)

Abb. 3: Zustand kurz nach Spanentnahme (a) und bei Nachuntersuchung (b) 1 Jahr nach Operation.

Defekt noch "sichtbar". Eine spongiöse Durchbauung der Spanentnahmestelle und eine Corticalis-Verstärkung an den Rändern ist erkennbar.

Alter des Patienten 38 Jahre.



(a)



(b)

**Abb. 4:** Zustand nach Spanentnahme (a) und bei Nachuntersuchung (b) 4 Jahre nach Operation. Defekt "schwach sichtbar". Starke Durchbauung und Verkleinerung der Entnahmestelle. Alter des Patienten 26 Jahre.



(a)



(b)

**Abb. 5:** Zustand nach Spanentnahme (a) und bei Nachuntersuchung (b) 1 1/2 Jahre nach Operation.

Defekt "nicht sichtbar". Er ist lediglich an einer verstärkten Knochenstruktur im alten Entnahmebereich zu erkennen.

Alter des Patienten 13 Jahre.

Das Ergebnis dieser optischen Beurteilung zeigt Tabelle 1. In Abb. 6 ist zusätzlich zur genaueren Beurteilung das Operationsalter sowie der zeitliche Abstand zwischen Operation und Nachuntersuchung berücksichtigt. Darüber hinaus wurden in 18 von 60 Fällen eine Corticalisverdickung, in 15 Fällen eine wellige Corticaliskonturierung und in 17 Fällen sklerosierte Randsäume festgestellt. Die Markhöhle war in 9 Fällen septiert.

|         |                          |             |
|---------|--------------------------|-------------|
| Tab. 1: | Defekt nicht sichtbar    | 14 Fälle    |
|         | Defekt schwach sichtbar  | 17 "        |
|         | Defekt sichtbar          | 3 "         |
|         | Defekt deutlich sichtbar | <u>26 "</u> |
|         |                          | 60 Fälle    |

Dieser Betrachtungsweise haftet notgedrungen etwas Subjektives an. Darum wurde außerdem die Länge der bei der Nachuntersuchung noch sichtbaren Spanentnahmestelle zu der ursprünglichen Länge ins Verhältnis gesetzt, wobei die Länge der ursprünglichen Spanentnahmestelle gleich 100 % gesetzt wurde. So konnte die Längenabnahme der verschieden großen Defekte prozentual verglichen werden (Abb. 7).

Auch diese Beurteilung kann jedoch nicht völlig befriedigen, denn, wie schon ausgeführt, paßt sich der Knochen der Belastung häufig nur mit Ausfüllung der Knochenlücke durch Spongiosa und Verstärkung der Randabschnitte an. Kleine Entnahmestellen durchbauen oft auch weniger als mittelgroße, da sie die Statik des Knochens nur wenig beeinträchtigen (Abb. 2). Eine Beurteilung, die allen Faktoren gleichzeitig gerecht wird, ist nicht möglich.

**Tabelle 2: Abnahme der ursprünglichen Länge der Entnahmestelle in % in Abhängigkeit von der Zeit**

|               |        |
|---------------|--------|
| 0 - 1 Jahr :  | 7,6 %  |
| 1 - 2 Jahre:  | 34,3 % |
| 2 - 5 Jahre:  | 37,9 % |
| 5 - 10 Jahre: | 50,1 % |

**Abnahme der ursprünglichen Länge der Entnahmestelle in % in Abhängigkeit vom Op.-Alter**

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 9 - 20 Jahre :  | 79,0 % |
| 20 - 30 Jahre : | 38,6 % |
| 30 - 40 Jahre : | 11,7 % |
| 40 - 50 Jahre:  | 26,8 % |
| 50 - 60 Jahre : | 10,9 % |

Aus der Tabelle 2 geht hervor, daß sowohl der Zeitabstand zwischen Operation und Nachuntersuchung als auch das Operationsalter für die Verkleinerung der Entnahmestelle von Bedeutung sind.

In den Abb. 6 und 7 läßt sich der Einfluß beider Faktoren (Zeitabstand Operation-Nachuntersuchung sowie Alter bei Operation) in einer einzigen Abbildung ablesen, in Abb. 6 hinsichtlich der Beurteilung der Durchbauung und in Abb. 7 hinsichtlich der prozentualen Verkleinerung der Entnahmestelle. Aus den Abbildungen geht hervor, daß Menschen bis zum Alter von 20 Jahren die Spanentnahmestelle völlig durchbauen. Der Durchbau kann schon im ersten Jahr nach der Operation erfolgen. Nach dem Alter von 20 Jahren tritt eine völlige Abheilung des Defektes im allgemeinen nicht mehr ein. Abb. 6 zeigt, daß der Defekt jedoch in vielen Fällen nur noch schwach sichtbar ist. Ein Vergleich mit Abb. 7 ergibt, daß sich die Entnahmestelle in ihrer Länge weniger ändert als hinsichtlich ihrer spongiösen Durchbauung, die in Abb. 6 zum Ausdruck kommt. Die Spanentnahmestelle verkleinert sich im mittleren Lebensalter nur noch um höchstens 30-50 %, in den ersten 5 Jahren nach der Operation oft nur um 10-20 %.

Im höheren Lebensalter werden die Verhältnisse eher noch etwas schlechter. Der Unterschied gegenüber dem mittleren Lebensalter ist jedoch geringfügig.

# STUFEN

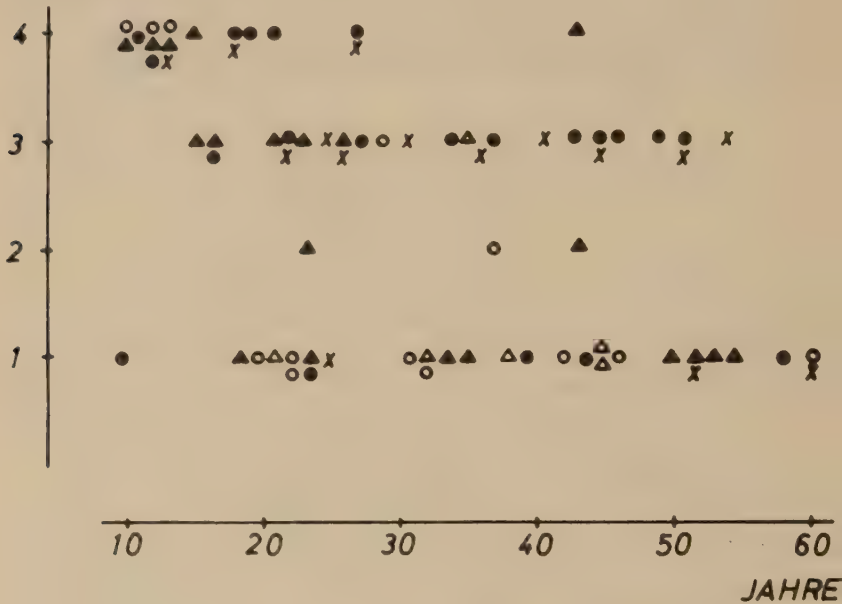


Abb. 6: Darstellung des Ausmaßes der Durchbauung nach den Stadien "Defekt deutlich sichtbar" (I), "sichtbar" (II), "schwach sichtbar" (III) und "nicht sichtbar" (IV) in Abhängigkeit vom Operationsalter. Verschiedene Kennzeichen lassen erkennen, nach wieviel Jahren die Nachuntersuchung durchgeführt wurde:

- |                                                           |                                     |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| △ = 0 - 1 Jahr postoperativ                               | } Entnahme aus einer gesunden Tibia |
| ○ = 1 - 2 Jahre "                                         |                                     |
| ▲ = 2 - 5 Jahre "                                         |                                     |
| ● = 5 - 10 Jahre "                                        |                                     |
| X = Verschiebespäne (Entnahme aus vorgeschädigter Tibia). |                                     |

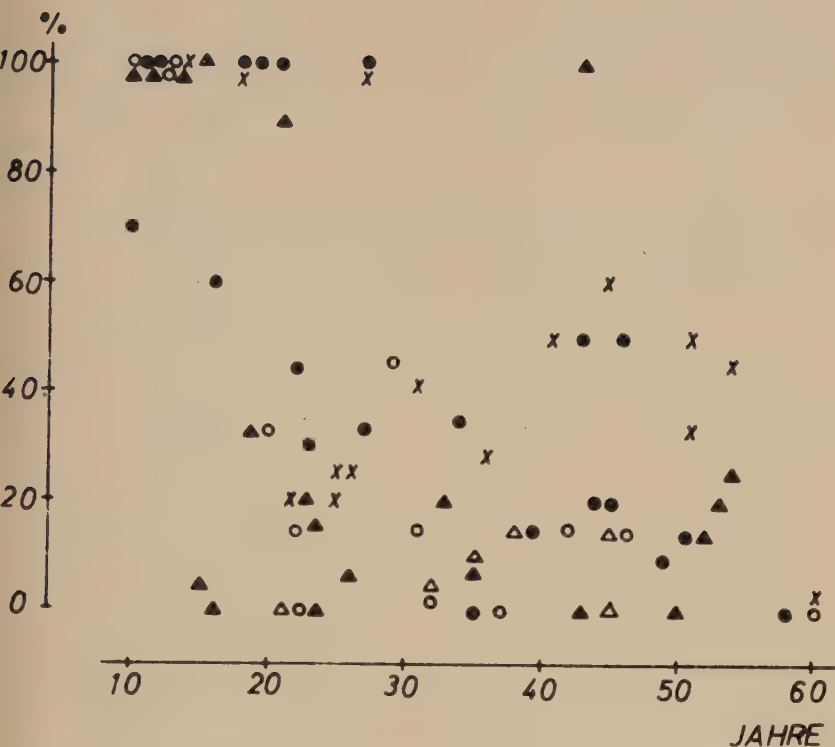


Abb. 7: Prozentuale Abnahme der Länge der Spanentnahmestelle in Abhängigkeit vom Operationsalter sowie der Zeit zwischen Operation und Nachuntersuchung. Kennzeichen wie in Abb. 6.

Hinsichtlich der Zeitdauer des Abheilungsprozesses lassen die beiden Abbildungen ebenfalls interessante Rückschlüsse zu. Der Durchbauprozess geht offenbar sehr viel langsamer als bei Frakturen vor sich, denn im ersten und zweiten Jahr nach der Spanentnahme weisen viele Patienten noch keine wesentliche Durchbauung und Verkleinerung des Defektes auf. Besonders Abb. 6 zeigt das deutlich.

Hinsichtlich der Art der Anpassung des Knochens unterstreicht Abb. 6 das schon zu Anfang Gesagte: Der Knochen beseitigt den Defekt in erster Linie durch eine Verdichtung und Neubildung von Spongiosa und die Verstärkung der Compacta an den Rändern der Entnahmestelle und weniger durch ein Wachstum der Compacta und eine Schließung des Defektes von den Seiten her, wie es in Abb. 7 erfaßt wird.

## II. Befunde nach Corticalisspanentnahme an einer vorgeschädigten Extremität (Tibiapseudarthrosen)

In dieser Gruppe waren Schienbeinbrüche zusammengestellt, die durch einen Tibiaspan vom gleichen Bein überbrückt wurden. Diese Fälle wurden gesondert beurteilt, da die Regeneration des Knochens bei der schon bestehenden Schädigung des Knochens unterschiedlich sein könnte. Die Nachuntersuchung und die Auswertung der Röntgenbilder erfolgten in gleicher Weise wie bei der vorhergehenden Gruppe. Bei der klinischen Untersuchung bestanden keine Gruppenunterschiede. Frakturen oder Infraktionen nach der Spanentnahme traten nicht auf. Die Durchbauung des Defektes und das Ausmaß der Verkleinerung der Spanentnahmestelle gehen aus den Abb. 6 und 7 hervor. Das Ausmaß und der zeitliche Ablauf der knöchernen Durchbauung bei Entnahme eines Spans aus einer vorgeschädigten Tibia waren nicht schlechter als bei den Fällen der vorhergehenden Gruppe.

## III. Befunde nach Entnahme von flexiblen Spänen (Hobelspäne)

Zur Nachuntersuchung kamen 38 Patienten, bei denen an einer nicht vorgeschädigten Tibia ein flexibler Span entnommen wurde. Es handelte sich ausschließlich um Skoliose-Patienten zwischen 12 und 18 Jahren, deren

Wirbelsäule versteift wurde.

Leichte Schwellungen des operierten Beines bestanden bei 8 von 38 Patienten. Über gelegentliche Schmerzen an der Entnahmestelle bei Wetterwechsel klagten 12, über taubes Gefühl 13 und über leichte Druckempfindlichkeit im Narbenbereich 6 Patienten. Der Prozentsatz subjektiver Beschwerden liegt damit etwa in der gleichen Höhe wie bei der Entnahme von Corticalisspänen. Die Schwellneigung war bei den Hobelspänen jedoch etwas stärker. Belastungsschmerz trat nicht auf. Röntgenologisch war in keinem Fall ein Defekt sichtbar.

#### IV. Beobachtungen über Auswirkungen abweichender operativer Maßnahmen

In einzelnen Fällen wurde von dem üblichen routinemäßigen Vorgehen bei der Spanentnahme abgewichen. So wurde in 5 Fällen bis zu 5 mm über die eigentliche Entnahmestelle hinaus quergesägt. Die gesetzten Infraktionen waren erst nach 6 Monaten völlig durchbaut. In einem Fall (Fall 2, Abb. 9) bestand der eingesägte Spalt wahrscheinlich noch länger, denn 4 Jahre später trat eine Fraktur am unteren Ende der Entnahmestelle auf, die auf eine Ermüdungszone an dieser Stelle zurückgeführt werden muß. Bei 4 Patienten wurde die statisch so wichtige Tibiakante geopfert. In einem dieser Fälle ereignete sich nach geringfügigem Trauma eine Fraktur, obwohl bei diesem Patienten ein relativ kleiner Span von 6 x 2 cm Größe entnommen worden war. Ein ähnlicher Fall wurde noch nach Abschluß der Untersuchungen beobachtet. In 7 Fällen waren deutliche sklerosierte Randsäume an den Längsseiten der Entnahmestelle zu sehen, die vielleicht auf stärkere Hitzewirkung der oszillierenden Säge zu beziehen sind. Die Knochenregeneration wurde dadurch jedoch nicht beeinträchtigt.

## V. Frakturen an der Spanentnahmestelle

In 4 Fällen traten Tibiafrakturen nach Spanentnahme auf. Bei einer Patientin kam es zu einer Infraktion. Nach Abschluß der Untersuchungen wurde noch eine weitere Fraktur beobachtet.

### Fall 1: B.H., 27 J.

Diagnose: Oberarmpseudoarthrose re

Es erfolgte eine Phemisterspannung mit Hilfe eines Tibiaspanes (Spangröße: 6 x 2 cm). Der Span wurde der Tibia-vorderkante entnommen. 9 Wochen nach Spanentnahme stolperte der Patient über eine Stufe und zog sich 15 cm unterhalb des Kniegelenkspalts eine Tibiafraktur an der distalen Entnahmestelle zu. Die Fraktur heilte innerhalb von 8 Wochen (Abb. 8).

### Fall 2: B.G., 45 J.

Diagnose: Schwere Gelenkdeformität nach Schußbruch im re Ellenbogengelenk.

Es wurde eine Ellenbogenarthrodese unter Anlagerung zweier Tibiaspäne von je 8 x 2 und 6 x 2 cm Größe ausgeführt, so daß ein Defekt von 14 cm Länge entstand. Die Späne entstammten etwa der Unterschenkelmitte. 18 Tage nach der Spantransplantation verließ der Patient auf eigenen Wunsch mit einem Zinkleimverband am re Unterschenkel die Klinik. 10 Wochen nach der Operation stürzte der Patient und erlitt etwa 17 cm unterhalb des Kniegelenkspalts eine Tibiafraktur in der Mitte der Entnahmestelle. 4 Jahre postoperativ kam es nach Ausrutschen auf einer Treppe zu einer erneuten Fraktur, diesmal am distalen Ende der Entnahmestelle. Die Fraktur heilte innerhalb von 4 Monaten (Abb. 9).

### Fall 3: K.R., 23 J.

Diagnose: Spondylolisthesis L 4/L 5

Die Wirbelsäulenspannung erfolgte mit einem 14 x 3 cm großen Span, der sehr hoch, etwa 1,5 cm an den Kniegelenkspalt heranreichend, dem proximalen Tibiadrittel entnommen wurde. Nach einem 3/4 Jahr knickte der Patient bei gymnastischen Übungen mit dem re Fuß um. Dabei entstand eine Infraktur, etwa 10 cm unterhalb des Kniege-

lenkspalts in der Mitte der Entnahmestelle. Nach weiteren 3 Monaten brach der Knochen bei leichtem Hüpfen ganz durch. Die Röntgenbilder (Abb. 10) zwingen zu der Annahme, daß sich schon vor den angeschuldigten Belastungen eine Umbauzone im gleichen Bereich ausbildete. Unter Ruhigstellung im Gipsverband von 6 Wochen heilte die Fraktur gut ab. K.R. ist als eifriger Sportler völlig beschwerdefrei.

Fall 4: L.W., 35 J.

Diagnose: Schienbeinpseudarthrose re.

Es wurde eine Phemisterspanung mit einem 12 x 2 cm großen Tibiaspan vorgenommen, der dem linken Schienbein entstammte. 4 Wochen zuvor war in Griechenland eine erfolglose Resektion und Anlagerung der linken Fibula durchgeführt worden. 1/2 Jahr nach der Spanentnahme stolperte der Patient und zog sich einen Tibiabrush links an der distalen Entnahmestelle, etwa 17 cm unterhalb des Kniegelenkspalts (Abb. 11), zu. Die Fraktur heilte in 3 Monaten. Der Spandefekt war zu dieser Zeit nur noch angedeutet sichtbar.

Fall 5: H.P., 23 J.

Diagnose: Spondylolisthesis L 3/4 und L 4/5.

Es erfolgte eine Fusionsoperation mit einem leicht gebogenen Tibiaspan von 12 cm Länge. Bei der Entnahme wurde die vordere Tibiakante im distalen Anteil entfernt, um eine genügende Rundung des Spanes zu erhalten. Der Patient lag anschließend 10 Wochen in einer Gipsschale. Bei der folgenden Anlegung eines Gipskorsetts, das nach kurzen Gehversuchen im Stehen durchgeführt wurde, kam es ohne besondere Ursache zu einer Tibiafraktur ohne Dislokation am distalen Ende der Entnahmestelle.

Fall 6: H.L., 51 J.

Diagnose: Oberarmpseudarthrose re.

Zur Beseitigung der Pseudarthrose wurde aus der Tibia ein 8 cm langer Span am Übergang vom proximalen zum mittleren Tibiadrittel entnommen. Postoperativ wurde das operierte Bein nur auf einer Volkmann-Schiene gelagert. Wegen chronisch rezidivierender Thrombophlebitiden erhielt die Patientin, auch postoperativ, Zinkleimverbände. 5 Wochen nach Spanentnahme klagte die Patientin nach ersten Gehversuchen über Schienbeinschmerzen links. Röntgenologisch war im unteren Drittel der Entnahmestelle eine 3 cm lange, schräg verlaufende Fissur sichtbar. Die Fissur heilte in 8 Wochen, nachdem ein Oberschenkelgips angelegt wurde.

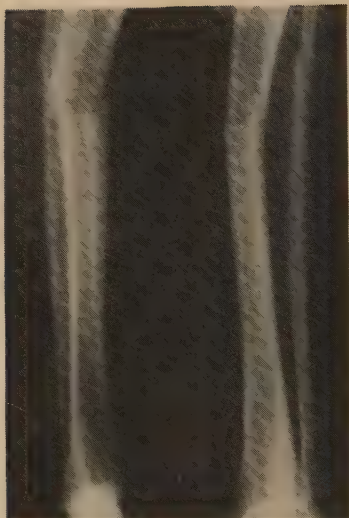


Abb. 8: Unterschenkelfraktur 9  
Wochen nach Tibiaspan-  
entnahme. Vordere Tibia-  
kante dabei mitentfernt  
(Fall 1, s. Text).



(a)



(b)

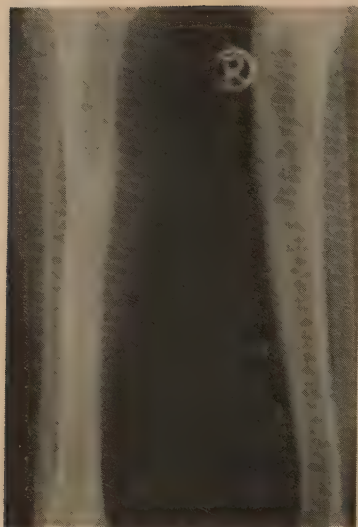


(c)

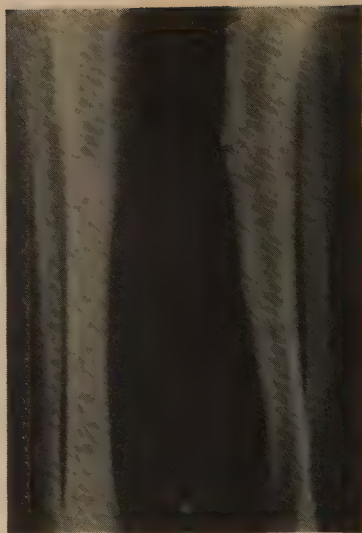
Abb. 9: a) 1. Fraktur 10 Wochen nach Spanentnahme.

b) 2. Fraktur 4 Jahre nach Spanentnahme, wahrscheinlich als Ermüdungsfraktur aufzufassen. An dieser Stelle wurde bei der Entnahme zu weit quer eingesägt, wie in a) erkennbar.

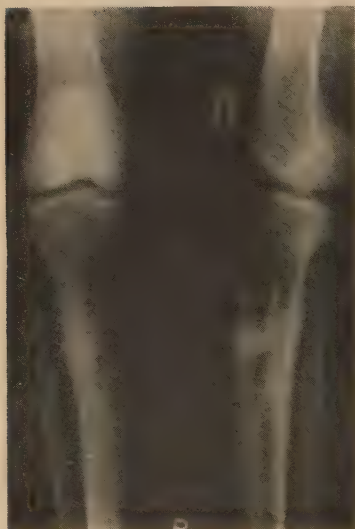
c) Zustand nach Abheilung der Fraktur, Spanentnahmestelle hier vollkommen durchbaut, im oberen Anteil nicht. (Fall 2, s. Text).



(a)



(b)



(c)

Abb. 10: a) Fissur nach einem 3/4 Jahr nach Tibiaspanentnahme, als Ermüdungsfraktur aufzufassen.

b) Fraktur im gleichen Bereich 3 Monate später.

c) Bei Abheilung Durchbauung der Spanentnahmestelle im Frakturbe-  
reich, jedoch nicht in den übrigen Anteilen  
(Fall 3, s. Text).



Abb. 11: Tibiafraktur 6 Monate nach Span-  
entnahme. Fibula  
anderenorts zur  
Spananlagerung  
entfernt.

## E. Diskussion

### a) Häufigkeit und Ursache von Frakturen nach Span- entnahme

Die Häufigkeit von Frakturen nach Tibiaspanentnahme kann nur angenähert errechnet werden, da aufgrund der besonderen politischen Verhältnisse in Berlin nur ein Viertel der in Frage kommenden Patienten zur Nachuntersuchung erschien. Von 267 Verpflanzungen größerer Compactaspäne konnten nur 75 nachuntersucht werden. Die Frakturen stellten sich mit einer Ausnahme in den ersten Monaten nach der Spanverpflanzung ein. Es kann davon ausgegangen werden, daß zumindest die frühen Frakturen nach Entnahme weitgehend bekannt geworden sind. Die vier beobachteten Frakturen - eine Fraktur ereignete sich nach Abschluß der Untersuchungen - können daher nicht automatisch auf die Zahl von 75 Patienten bezogen werden, sondern müssen zur Gesamtzahl der Spanverpflanzungen ins Verhältnis gesetzt werden. Auch wenn noch einige unbekannt gebliebene Spätfrakturen die Gesamtzahl der Frakturen erhöhten, so

dürfte der Prozentsatz der Tibiafrakturen, die auf die Spanentnahme zurückzuführen sind, unter 5 % liegen.

Die Ursache der beobachteten Frakturen ist nicht einheitlich. Überwiegend kam es zur Überschneidung mehrerer ungünstiger Faktoren. Dazu gehört in erster Linie eine fehlerhafte Technik der Spanentnahme, die eine Instabilität der Tibia zur Folge hat. Bei zu früher Belastung, Stürzen und sportlicher Betätigung treten dann dort Frakturen auf, wo Biegebeanspruchung und Schubbeanspruchung nach vorn einerseits besonders hoch sind, andererseits aber den geringsten Widerstand finden.

Dazu läßt sich im einzelnen sagen: Eine mangelhafte Technik lag im Fall 1 und 5 vor, weil hier jeweils die vordere Tibiakante entfernt wurde, die ja aus statischen Gründen erhalten werden soll. In Fall 4 war durch die Resektion der Fibula, die 4 Wochen vor der Spanentnahme aus der Tibia erfolgte, eine zusätzliche Schwächung des betreffenden Unterschenkels geschaffen worden. In Fall 3 war ein relativ großer Span sehr hoch entnommen worden. Bei Fall 2 entstammte der Span der Tibiamitte. Bei der Herausnahme war über die notwendige Spanbreite hinaus quergesägt worden.

Eine fehlerhafte Entnahmetechnik muß aber nicht unbedingt eine Fraktur nach sich ziehen. Mitbestimmende Faktoren sind erhöhte und plötzliche Belastungen. Eine "Ermüdung" des Knochenmaterials an der Stelle von Spannungsspitzen muß in Fall 2 bei der zweiten Fraktur und in Fall 3 angenommen werden.

Die größte Belastung der Tibia durch Biegungs- und Schubkräfte erfolgt nach PAUWELS in der Sagittalebene. Sie soll am größten etwa in Höhe der Tuberositas tibiae sein und nach proximal und distal abfallen. VOGLEY sagt, daß die Spannungsspitze handbreit unterhalb des Kniegelenks liegt.

Bei den Frakturen ist auffällig, daß die Bruchlinien meist am distalen Ende der Entnahmestelle lagen, wahr-

scheinlich weil hier höchste Spannung und geringste Widerstandskraft zusammenfielen. Eine beträchtliche Rolle hinsichtlich der Schwächung der Widerstandskraft spielt aber sicherlich das breite Quersägen in Fall 2 (2. Fraktur 4 Jahre nach der Operation!). Nur in 2 Fällen von insgesamt 6 verschiedenen Frakturen und einer Fissur lag der Frakturspalt innerhalb der Entnahmestelle (Fall 2 und Fall 3), vermutlich an der Spannungsspitze der Tibia, denn in Fall 2 war der Span in der ganzen Tibiamitte entnommen. In Fall 3 lagen die Verhältnisse der Spannungsverteilung wahrscheinlich etwas verschieden durch die sehr hohe Spanentnahme bis dicht an den Gelenkspalt heran.

#### b) Richtlinien für die Entnahme von Knochenspänen

Welche Rückschlüsse lassen sich aus diesen Befunden und denen früherer Autoren wie DECKNER, VOGLEY und STUCKE ziehen?

1. Bei der Knochenentnahme sollte die dreieckförmige Tragekonstruktion der Tibia, bei der die Kanten als Tragpfeiler anzusehen sind, erhalten bleiben. Die Tibia-vorderkante darf nicht mitentfernt werden, auch nicht stellenweise, wie Fall 5 zeigt (VOGLEY, WITT u. JÄGER).
2. Ein queres Sägen, das leicht über die notwendige Spanbreite hinausgeht, sollte unbedingt vermieden werden, da diese Stellen - wie Fall 2 zeigt - noch nach vielen Jahren einbrechen können, zumal dann, wenn Spannungsmaximum der Tibia und Zone der geringsten Stabilität etwa zusammenfallen. Da bei Entnahme eines eckigen Spanes an den Ecken bzw. Kerben durch Zusammendrängung des Kraftlinienflusses Spannungsspitzen entstehen (Abb. 12) und unter Umständen Ermüdungsbrüche, sollten die Späne auch nicht eckig, sondern spitz auslaufend entnommen werden (VOGLEY, STUCKE).

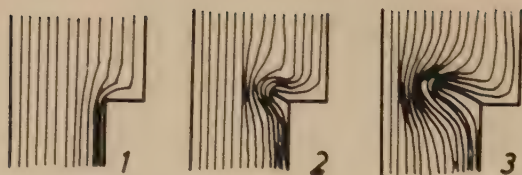


Abb. 12: Schematische Darstellung des Kraftlinienverlaufs an den Ecken der Spanentnahmestelle. Durch Zusanmaendrängung der Kraftlinien entstehen an den Ecken Spannungsspitzen und auf die Dauer feinste Gleitungen im Substrat, die zu fortschreitender Zermürbung führen. Frakturen können die Folge sein (entnommen bei VOGELY, s.u.). Daher sollten die Spanentnahmestellen spitz zulaufen.

3. STUCKE empfahl, die Knochenspäne aus dem mittleren Tibiadrittel zu entnehmen, da die Spannungsspitze im oberen Drittel läge. Nach den günstigen Erfahrungen von M. LANGE und A.N. WITT wurden an der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin die Späne immer dem oberen Tibiadrittel und dem Übergang zum mittleren entnommen. Nach Sichtung des Krankengutes läßt sich sagen, daß dieses Vorgehen bei richtiger Technik ungefährlich ist und sogar besser zu sein scheint, da die Durchbauungsvorgänge im Bereich des spongiösen Tibiakopfes stärker als im mittleren Schaftbereich sind.

4. Die Entnahme des Knochenspanes kann sowohl aus der Tibia auf der Seite der Pseudarthrose als auch auf der gesunden Gegenseite erfolgen. Wie Abb. 6 und 7 zeigen, ist das Ausmaß der Durchbauung bei gleichzeitig aus der Tibia entnommenen Knochenspänen keineswegs schlechter als bei Entnahme auf der gesunden Gegenseite. Auch die Ansicht STUCKES, daß man ein gesundes Bein bei Vorliegen

einer Pseudarthrose am anderen Bein nicht noch durch Tibiaspanentnahme schwächen soll, kann nicht bestätigt werden. Die Verpflanzung des Wadenbeins hat sich als wertlos erwiesen (M. LANGE, A.N. WITT, u. a.).

5. Die Frage, wie lange die Ruhigstellung nach Knochenspanentnahme erfolgen soll, ist schwer exakt zu beantworten. Tab. 2 zeigt, daß die Durchbauung der Spanentnahmestelle jenseits des 20. Lebensjahres über mehrere Jahre vor sich geht und nur unvollkommen ist. Dieser Durchbauungsvorgang unterliegt auch nicht den starken Reizen, die nach einer Fraktur auftreten, denn in allen Fällen von Frakturen im Spanentnahmebereich war später eine gute und deutliche Kallusbildung vorhanden, und der Defekt war an dieser Stelle durchbaut, während die übrige Spanentnahmestelle mehr oder weniger unverändert blieb. Im allgemeinen wird eine Ruhigstellung von 6 - 8 Wochen durchgeführt. In dieser Zeit kann im Bereich der Spongiosa des Knochens der Anpassungsvorgang vor sich gehen. Die Belastung darf in den nächsten Wochen nur vorsichtig sein, Hüpfen und Springen müssen selbstverständlich vermieden werden.

c) Wertung der autoplastischen Knochenspanverpflanzung  
im Hinblick auf ihre Folgen

Unabhängig von der Frage der biologischen Wertigkeit eines Spanes für die Ausheilung der Pseudarthrosen ist nach den Untersuchungen in Übereinstimmung mit den großen früheren Erfahrungen von M. LANGE und A.N. WITT zu sagen, daß die autoplastische Knochenspanverpflanzung bei richtiger Technik als ein weitgehend ungefährliches Verfahren bezeichnet werden darf. Einwände hinsichtlich zu großer Gefahren der autoplastischen Spanentnahme sind deshalb unzutreffend. Die Tatsache, daß ein großer Teil der Spanentnahmestellen nicht wieder völlig durch-

baut wird, sollte nicht als ein Anhalt für eine funktionelle Schwächung des Knochens angesehen werden. Die Enden der Spanentnahmestelle runden sich meist, die Randabschnitte verdicken sich zu Tragepfeilern, und in der Tiefe baut sich eine verstärkte spongiöse Struktur auf. Der Knochen dürfte damit eine genügende Festigkeit haben und eine völlige Durchbauung nicht benötigen. Daß er biologisch dazu noch in der Lage ist, zeigt die Durchbauung des Spanbettes bei Frakturen.

Gewisse subjektive Beschwerden an der Spanentnahmestelle bestehen bei einem Viertel bis einem Drittel der Patienten, meist aber nur zeitweise und dann auch nur in mäßigem Grade.

#### F. Zusammenfassung

An 113 Patienten wurde das Verhalten der Tibia nach autoplastischer Spanentnahme untersucht.

Der Prozentsatz der Frakturen nach Spanentnahme kann nur annähernd errechnet werden und liegt wahrscheinlich unter 5 %. Bei Spanentnahme im oberen bis mittleren Tibiadrittel treten Frakturen bevorzugt am unteren Ende der Spanentnahmestelle auf.

Der Knochendefekt nach Spanentnahme wird nur bei Menschen unter 20 Jahren vollkommen durchbaut. In späteren Jahren füllt sich die Lücke vorwiegend durch Spongiosa auf. Zusätzlich verstärkt sich die Corticalis an den Rändern, die Ecken werden abgerundet.

Bei Entnahme des Spanes aus der gleichen Tibia bei Pseudarthrosen (Verschiebespäne) ist die Durchbauung des Defektes nicht schlechter als in den übrigen Fällen.

Bleibende, ungünstige Folgen nach Spanentnahme konnten nicht beobachtet werden. Der autoplastische Knochenspan kann deshalb nicht nur wegen seiner besonderen biologischen Wertigkeit empfohlen werden.

Literaturverzeichnis

- Axhausen, W.:** Später Ermüdungsbruch der Tibia nach Spanentnahme.  
Zbl. Chir. 76, 992, 1951
- Böhler, J.:** Die Knochenbank des Wiener Unfallkrankenhauses.  
Wien. Klin. Wschr. 62, 390, 1950
- Deckner, K.:** Spontanfrakturen der Tibia nach Spanentnahme.  
Brun's Beitr. Klin. Chir. 156, 487, 1932
- Hagen, R.:** Beobachtungen an Brüchen des Schienbeines nach Spanentnahme.  
Arch. Orthop. 41, 350, 1942
- Lange, M.:** Orthopädisch-Chirurgische Operationslehre, 2. Auflage München, J.F. Bergmann 1962.
- Lexer, E.:** Über die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und nach Knochentransplantation.  
Arch. klin. Chir. 119, 520, 1922; Die gesamte Wiederherstellungschirurgie I, Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1931
- Maffey:** Was wird aus den Schienbeinen, aus denen man einen Span entnommen hat?  
Bull. Soc. belge d'Orthop. 11, 283;  
Ref. Zbl. Chir. 1657, 1940
- Pauwels, F.:** Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates.  
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York, 1965
- Stucke, K.:** Fehler und Gefahren der Tibiaspanentnahme.  
Brun's Beitr. Klin. Chir. 185, 364, 1952
- Thomsen, W.:** Über das Meißeln und Sägen in der Knochenchirurgie.  
Arch. Klin. Chir. 267, 608, 1951

- Vogeley, G.: Über Frakturen an Schienbeinen, denen ein Span entnommen wurde.  
Z. Orthop. 78, 62, 1949
- Witt, A.N.: Die Behandlung der Pseudarthrosen unter besonderer Berücksichtigung der autoplastischen Spantransplantation bei Defektpseudarthrosen.  
Habilitationsschrift München 1952 - Die Behandlung der Pseudarthrosen.  
Berlin, Walter & Co. 1952
- Witt, A.N.;  
Jäger, M.: Die Berechtigung und Indikation autoplastischer Spantransplantation in der heutigen orthopädischen Chirurgie.  
Chirurgia plastica et reconstructiva 2, 48, 1966.

Herrn Professor Dr. med. Alfred N. W i t t möchte ich dafür danken, daß ich das Patientengut der Orthopädischen Klinik und Poliklinik im Oskar-Helene-Heim auswerten durfte.

Für die Überlassung des Themas sowie für die wertvollen Anregungen bei der Durchführung meiner Arbeit bin ich Herrn Privat-Dozent Dr. med. Dietrich T ö n n i s zu großem Dank verpflichtet.

## L e b e n s l a u f

Ich, Albrecht Scharkowski, wurde am 10.3.1938 als Sohn des Schriftleiters Herbert Scharkowski in Berlin-Wilmersdorf geboren. Die Grundschule besuchte ich auf Rügen bis zum Jahre 1952. Anschließend begann für mich die Oberschulzeit in Bergen/Rügen. Hier legte ich 1956 das Abitur ab.

Da ich in Ostdeutschland keinen geeigneten Studienplatz erhielt, siedelte ich nach Westberlin um. Nach Absolvierung eines Sonderlehrganges für Ostabiturienten in Berlin-Spandau studierte ich zunächst drei Semester Maschinenbau an der Technischen Universität Berlin.

1959 wechselte ich auf die Freie Universität Berlin und begann, einem jahrelangen Berufswunsch entsprechend, mit dem Medizinstudium. Nach bestandenen Vorphysikum und Physikum legte ich am 14.9.1965 das medizinische Staatsexamen ab.

Seit November 1965 arbeitete ich als Medizinalassistent auf der II. Inneren Abteilung des Krankenhauses Neukölln sowie auf der II. Chirurgischen Abteilung des Urbankrankenhauses. Zur Zeit bin ich auf der Augenabteilung des Neuköllner Krankenhauses tätig.



